

**Geologische Untersuchungen der subalpinen Molasse
und des Alpenrandes in der Gegend von Flühli
(Entlebuch, Kt. Luzern)**

Verkürzte Fassung der

INAUGURALDISSERTATION

vorgelegt der

Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Basel

von

ARNOLD HOLLIGER

von Boniswil (Kt. Aargau)

Basel 1955

BIRKHÄUSER AG., BASEL

**Geologische Untersuchungen der subalpinen Molasse
und des Alpenrandes in der Gegend von Flühli
(Entlebuch, Kt. Luzern)**

Verkürzte Fassung der

INAUGURALDISSERTATION

vorgelegt der

Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Basel

von

ARNOLD HOLLIGER

von Boniswil (Kt. Aargau)

Basel 1955

BIRKHÄUSER AG., BASEL

Genehmigt von der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät auf Antrag
der Herren Prof. Dr. L. VONDERSCMITT und PD. Dr. W. NABHOLZ.

Basel, den 23. Juni 1953.

Der Dekan:
P. HUBER



A. HOLLIGER wurde von der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Basel am 23. Juni 1953 erlaubt, diese verkürzte Fassung seiner Dissertation drucken zu lassen. Der vollinhaltliche Text unter dem Titel:

Geologische Untersuchungen der subalpinen Molasse und des Alpenrandes in der Gegend von Flühli (Entlebuch, Kt. Luzern), mit 3 Tafeln, 12 Textfiguren und 4 Tabellen

kann eingesehen oder entliehen werden:

1. im Geologisch-paläontologischen Institut der Universität Basel,
2. in der Universitätsbibliothek Basel,
3. in der Schweizerischen Landesbibliothek in Bern.

Geologische Untersuchungen der subalpinen Molasse und des Alpenrandes in der Gegend von Flühli (Entlebuch, Kt. Luzern)

Von **Arnold Holliger**, Boniswil (Kt. Aargau)

Mit 4 Figuren und 1 Tabelle im Text

Vorwort

Die vorliegende Publikation ist eine verkürzte Fassung der im Juni 1953 der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Basel eingereichten Dissertation mit dem Titel „Geologische Untersuchungen der subalpinen Molasse und des Alpenrandes in der Gegend von Flühli (Entlebuch, Kt. Luzern).“

Die Anregung zu der im Jahre 1947 begonnenen Arbeit verdanke ich Herrn Prof. L. VONDERSCHMITT. Ihm gebührt in erster Linie mein Dank für sein Interesse, das er meiner Arbeit entgegenbrachte, und die mannigfachen Anregungen, die er mir zukommen liess. Herrn Prof. Dr. M. REICHEL bin ich zu Dank verpflichtet für seine bereitwillige Hilfe, die er mir bei der Bestimmung von Fossilien jederzeit gewährte. Herrn PD. Dr. W. NABHOLZ verdanke ich wertvolle Ratschläge in Fragen der Drucklegung. Für ihre Hilfe möchte ich ihnen und allen jenen danken, die zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

Einleitung

Das untersuchte Gebiet liegt im SW-Teil des Kantons Luzern und erstreckt sich auf die S.-A.-Blätter Flühli Nr. 386, Marbach Nr. 384 sowie auf einen kleinen Teil von S.-A.-Blatt Sörenberg Nr. 387.

In die Untersuchung einbezogen wurden von S nach N folgende NE-SW streichende Gesteinszonen:

1. Helvetische Randkette,
2. Subalpiner Flysch,
3. Subalpine Molasse.

Tektonisch zerfällt das Gebiet in eine Anzahl isoklinal gegen den Alpenrand einfallender Schuppen (vgl. Fig. 1).

Erwartungsgemäss sind die meisten Störungen des Gebietes bedingt durch die Überschiebungen, durch welche die genannten Gesteinszonen untereinander begrenzt und teils auch unterteilt sind. Sodann wird vor allem die Randkette durch

eine ganze Anzahl Verwerfungen zum Teil um beträchtliche Beträge verstellt. Weiter sind in der dem Alpenrand zunächst vorgelagerten Molasse, der Hilfernschuppe, auffallende Mächtigkeitschwankungen und tektonische Komplikationen seit längerer Zeit bekannt, die sich nicht ohne weiteres direkt auf Überschiebungen oder Querstörungen zurückführen lassen.

Von den älteren Autoren wurden diese Erscheinungen recht verschieden interpretiert. In Anknüpfung daran stellten sich einer Neubearbeitung folgende Aufgaben:

1. Untersuchung der stratigraphischen Verhältnisse, insbesondere in der subalpinen Molasse unter Anwendung sedimentpetrographischer Untersuchungsmethoden.

2. Abklärung der tektonischen Verhältnisse mit spezieller Berücksichtigung des umstrittenen Gebietsabschnittes am Spirberg bei Flühli mit eingehender Prüfung eventuell bestehender Zusammenhänge zwischen den fraglichen Erscheinungen am Spirberg und den Querstörungen in der Randkette.

3. Erstellen einer detaillierten Neukartierung im Maßstab 1:10000 und teilweise 1:5000.

Die Randkette

Im Abschnitt der Schwändeliflugh (siehe Fig. 1) umfasst die helvetische Randkette ein Kreideprofil vom Valanginien bis zum Barrémien (= Unt. Schratenkalk). Darüber transgrediert, mit dem Lutétien beginnend, das helvetische Eozän (vgl. Fig. 2). Auf dessen jüngsten Schichten, den priabonen Globigerinenschiefern (= Stadschiefer) lagern weiter S die überschobenen Flyschmassen der Habkern-Schlierenmulde (vgl. H. SCHAUB 1951, P. SODER 1949, W. GIGON 1952).

In der Randkette wurden 3 Störungssysteme unterschieden, von denen das älteste durch Längsverwerfungen und das jüngste durch die Kragenstörung am S-Ende der Schwändeliflugh repräsentiert wird. Da auch die jüngsten Schichten, die priabonen Globigerinenschiefer von den ältesten Verwerfungen erfasst wurden, ist anzunehmen, dass alle 3 Systeme nachpriabon entstanden oder mindestens durchbewegt worden sind. Verschiedene Anzeichen lassen jedoch vermuten, dass die meisten Verstellungen in der Schwändeliflugh nicht das Resultat einer einzigen Bewegungsphase sind, sondern mehrfach reaktivierte Verwerfungen darstellen.

Bei der grössten Querstörung des Untersuchungsgebietes, der Kragenstörung, handelt es sich, nach verschiedenen Schleppungsmassen bei Kragen und den Aufschlüssen am Ausgang des Kessilloches zu urteilen, um eine gestaffelte Transversalverschiebung. Als Schleppungspaket ist die isolierte Felsmasse des Kragenflühli zu nennen, welche südlich und nördlich durch Störungen begrenzt wird.

Nach den neueren Untersuchungen von L. VONDERSCMITT und H. SCHAUB (1943) zeichnet sich die Kragenstörung im Schlierenflysch auf eine Länge von 7 km ab, denn in ihrer östlichen Fortsetzung zeigt der gesamte Schlierenflysch eine Änderung der Tektonik. Das Ausmass der Längszerreissung ist also nicht, wie in jüngerer Zeit behauptet wurde (J. KOPP, 1947), von den früheren Autoren übertrieben worden, sondern recht beträchtlich, und erstreckt sich immerhin über zwei tektonische Einheiten.

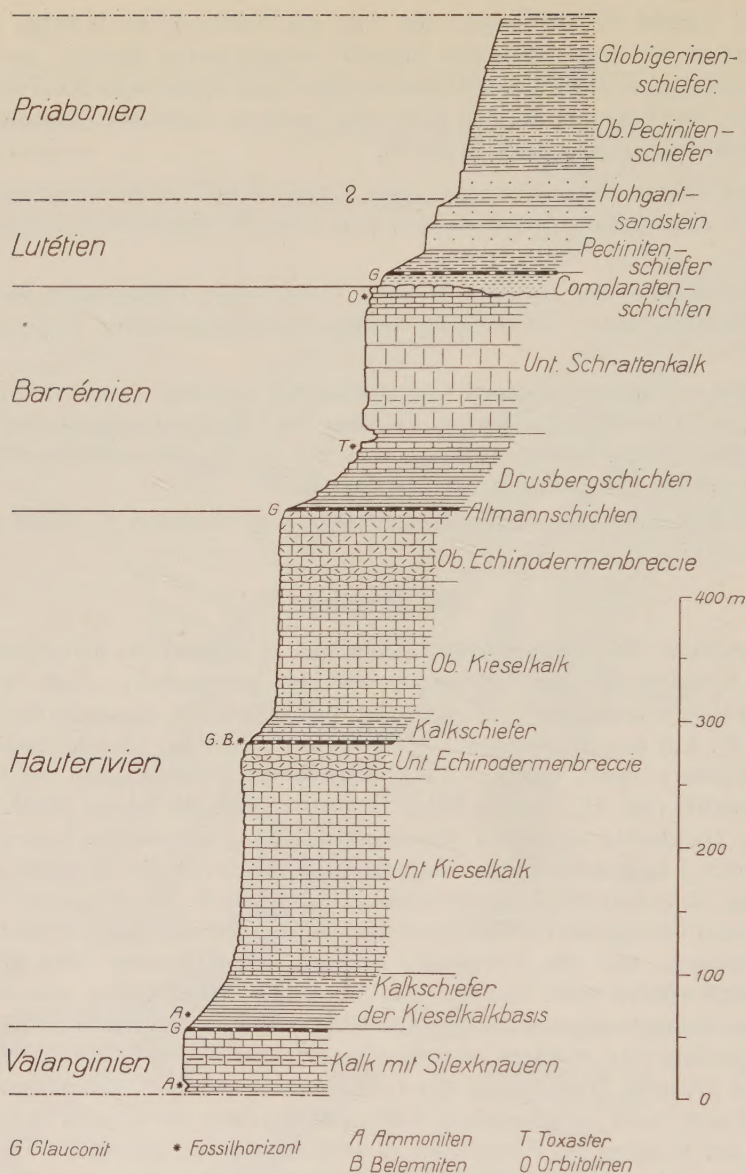


Fig. 2. Stratigraphisches Sammelprofil durch die Randkette im Abschnitt der Schwändelfluh.

Der subalpine Flysch

Subalpiner Flysch, bestehend aus mehr oder weniger gestörten Wechselfolgen von Mergeln und tonigen Sandsteinen (= Macigno) mit Zwischenlagerungen härterer, meist quarzreicher Sandsteine, tritt im Abschnitt NW der Schwändelfluh nur spärlich zutage. Die einzige Zone, welche sich in diesem Abschnitt mit

einiger Deutlichkeit auf grössere Erstreckung abzeichnet (Gebiet zwischen Schlund und Aeschiwald im E bis NE von Flühli), wird gebildet durch grobe brecciöse Sandsteine, die stellenweise häufig Foraminiferen führen: *Fabiania* sp., *Discocyclinen* und *Gypsinen*.

Einschlüsse von echten Leimernschichten mit *Globotruncana Lapparenti* (Turon-Senon) sind zu erwähnen von Aeschiwald (1,9 km NE Flühli). Ein Vorkommen von gesacktem Nummulitenkalk und schiefrigen Wangschichten bei Schwandalp (vgl. SE-Quadrant von Fig. 3, S. 88) dürfte mit Wahrscheinlichkeit als NE-Fortsetzung der Schürflingszone von Thor und Alp Emmental, N der Schrattenfluh, betrachtet werden (vgl. M. FURRER, 1949, Tafel VII).

Die subalpine Molasse

Unter diesen Begriff fällt die dem Alpenrand vorgelagerte Molasse, welche durch die spätorogenen Faltungsphasen zusammengeschoben und in Schuppen zerlegt worden ist. Die gegen SE unter den Alpenrand eintauchenden Schuppen (siehe Fig. 1) weisen folgende stratigraphische Zusammensetzung auf:

Aquitanzone		x + 1000 m Aquitanien	} Limno- terrestrisch
Schangnauschuppe		150–500 m Oberstampien	
Beichlenschuppe	{ Beichlen-Nagelfluh	1200 m Unter- bis Mittelstampien	} Marin- brackisch
	{ Beichlenbasis	300 m Unterstampien	
Hilferschuppe		1350 m Lattorfien ? bis Unterstampien	

Aus dieser Zusammenstellung und aus Figur 1 ist ersichtlich, dass vom Alpenrand ausgehend gegen N stets jüngere Schichten in den tektonischen Einheiten enthalten sind und die jüngste Schichtgruppe, das Aquitanien, die Unterlage der miozänen, mittelländischen Molasse bildet.

Was das Alter der Molassedislokation anbetrifft, gibt das engere Untersuchungsgebiet keine Anhaltspunkte. Hingegen gehört die jüngste Molasse des Napfgebietes, welche von der Bewegung miterfasst worden ist, dem Tortonien an. Nach E. BAUMBERGER (1931) wäre die letzte Dislokation dementsprechend im unteren Pliozän erfolgt.

Die Aquitanzone

In die Untersuchung einbezogen wurde die am NW-Fuss der Beichlen gelegene, südliche Randpartie der Aquitanzone. Die Hauptmasse der aquitanen Sedimente besteht aus grauen bis blauen und grünlichen Sandsteinen mit mannigfaltigen Übergängen zu konglomeratischen, mergeligen und tonigen Schichtgliedern. Die Rotfärbung, besonders der tonigen und mergeligen Schichten, ist auffällig und hat der Serie die Bezeichnung „rote Molasse“ eingetragen.

Wo typische rote Schichten fehlen, ist es oft schwierig, Aquitanien und Stampien zu trennen. Im allgemeinen sind die psammitischen Schichten des Aquitanien stärker porös und deshalb tiefer verwitternd als diejenigen des Stampien, auch zeigen die konglomeratischen Bänke weniger dichte Packung.

Tektonisch gehört die Aquitanzone zum Südschenkel der Hauptantiklinale (ALB. HEIM, 1919). Diese Antiklinalzone des Entlebucher Haupttales dokumentiert sich im Rämischbach und im Staldengraben (siehe Fig. 1, SE Wiggen) durch

mehrfachen Wechsel von steil antiklinal und synklinal gestellten Schichten. Im südlichsten Teil, entlang der überschobenen stampischen Molasse, machen sich Aufschiebungen innerhalb der aquitanen Schichtfolge bemerkbar. Synklinale Umbiegungen in Sandstein- und Konglomeratbänken, die als Schleppungserscheinungen damit im Zusammenhang stehen, sind sichtbar an der Rothenfluh (Quellgebiet des Staldengrabens) und im Rämischbach auf Kote 1010.

Zahlreiche Reste von *Cepaea rugulosa* ZIET. und unbestimmbare Knochenfragmente, zusammen mit Früchten von *Grewia* sp. wurden im W-Bachzweig des Staldengrabens, Kote 889, Koord. 636 900/192 680, in schwärzlichen sandigen Mergeln gefunden.

Zone der Schangnauschuppe

Die Abtrennung dieser tektonisch selbständigen Einheit erfolgte lediglich auf Grund der lithologischen Übereinstimmung ihrer Gesteine mit jenen der oberstampischen Schangnauschuppe (H. H. HAUS, 1937, und G. HALDEMANN, 1948). Die intensiv gestörte und verschuppte Zone ist über grössere Unterbrüche als ca. 150 m breites Band von Rytern (NE des Steiglenbaches, siehe Fig. 1) bis in den Albach SSE Escholz matt zu verfolgen. Die Abgrenzung gegen die überschobenen Basisschichten der Beichlenschuppe bietet kein Problem. Durch ungünstige Aufschlussverhältnisse und die lithologische Ähnlichkeit der zu unterscheidenden Gesteine wird die genaue Grenzziehung zwischen dem liegenden Aquitanien und der überschobenen Zone der Schangnauschuppe erheblich erschwert.

Die Beichlenschuppe

Die Beichlenschuppe setzt sich zusammen aus einer marin-brackischen Basiszone und einer ungleich mächtigeren, limno-terrestrischen Nagelfluh-Sandstein-Mergel-Serie im höheren Teil. Zwischen den marinen und den limnischen Schichten besteht ein kontinuierlicher Übergang.

Die Basiszone beginnt mit einer monotonen Serie von Grisigermergeln (= Tonmergel in zyklischer Wechsellagerung mit dünnen, meist wenigen Millimeter dicken, härteren Siltsteinlagen¹⁾), in welche sich lokal geringmächtige Sandsteinlagen einschalten. Unter ständiger Zunahme der Sandsteine gehen sie nach oben über in eine 10–25 m mächtige Zone von Horwersandstein (= ebengebankte, mittel- bis grobkörnige Sandsteine, bestehend aus heterogenem Detritus). Diese prägen sich morphologisch als Gesimse im unteren Drittel des Beichlen-NW-Hanges aus und bezeichnen den Übergang zur hangenden limno-terrestrischen Serie.

Das limno-terrestrische Stampien der Beichlenschuppe unterscheidet sich von den lithologisch ähnlichen Serien der Aquitanzone durch folgende Merkmale:

- a) Dichtgepackte, harte Geröllbänke, bis zu 20 m mächtig.
- b) Vorherrschen sedimentärer Komponenten.

¹⁾ Zur Bezeichnung der Gesteine nach Korngrössen erwies sich die Wahl folgender Bereiche als zweckmässig:

Ton-Mergel	-0,01 mm
Siltstein-Feinsandstein	0,01–0,25 mm
Mittelgrobkörniger Sandstein	0,25–2,00 mm
Konglomeratische Sandsteine und Konglomerate	2,0 –600 mm

c) Blasse, schwachgetönte Färbung im Gegensatz zu intensiven, namentlich roten Farben des Aquitanien.

d) Deutliche, scharf begrenzte Sedimentationszyklen.

Die kleinzyklische Gliederung ist gekennzeichnet durch den Übergang von grobkörnigem zu feinkörnigem Detritus in vertikaler Richtung. Über den pelitischen Lagen eines Zyklus lagert mit scharfer Schichtfläche die grobe Kornfraktion des nächstfolgenden. Diese Beobachtung bildet ein wertvolles Indiz der Lagerung. Demgegenüber sind die Sedimentationszyklen in der aquitanen Molasse weniger deutlich ausgeprägt; scharfe Schichtflächen fehlen hier meistens.

Als Beispiel eines vollständigen Querprofiles durch das limno-terrestrische Stampien der Beichlenserie wurde dasjenige durch den östlichen Zweig des Alp-baches über Pt. 1742 nach Pt. 1560, Portenalp, gewählt (vgl. NW-Quadrant von Fig. 3, S. 88): (von unten nach oben)

1. 260 m. Durch mächtige Nagelfluhbänke bis zu 30 m gekennzeichnete Zone. Die Nagelfluh führt 13% kristalline Gerölle und 15% Dolomit. Häufige Komponenten sind schwärzliche Kieselkalke. Dunkle Mergelinschlüsse, welche spärliche Helicidenreste führen und mit den Mergeln im Liegenden der tiefsten Nagelfluh identisch sind, wurden beobachtet. Ihr seitliches Ende findet die Nagelfluh in der Schwandfluh, wo sie auskeilt. Den oberen Abschluss der Zone bildet eine 100 m mächtige Sandstein-Mergelfolge.
2. 330 m überwiegend bunte, sandige Mergel und Sandsteine. Die Zone wird unterteilt durch 6 weit auseinanderliegende Nagelfluhbänke, von denen die unterste 20 m beträgt. Die Konglomerate besitzen geringe horizontale Beständigkeit. Sie werden begleitet von dunkelgesprenkelten Sandsteinen mit flacher Kreuzschichtung.
3. 210 m vorwiegend lichtgrüne sandige Mergel mit Einschaltungen quarzreicher, arkoseartiger Sandsteine. Die flaserig geschichteten Mergel führen häufig 1–2 cm grosse knauerige Kalkkonkretionen. Die klotzigen, unregelmässig gebankten Sandsteine verwittern hellweisslich. In den vereinzelt Konglomeratbänken von geringer Packungsdichte macht sich von unten nach oben eine Zunahme des Kristallingehaltes bemerkbar.
4. 400 m überwiegend Sandsteine und Konglomerate von stark wechselnder Mächtigkeit und geringer horizontaler Konstanz. Die meisten Nagelfluh-horizonte keilen gegen die Hilfern aus. Die Zone beginnt unten mit einer 60 m mächtigen Nagelfluhmasse, welche die Felswände NW Pt. 1742 bedingt. Im höheren Teil der Zone sind die Geröllbänke bedeutend geringmächtiger. Der Gehalt an kristallinen Geröllen beträgt 28%. Konglomerate mit geringerem Kristallingehalt wurden bei Ober-Schwarzenberg festgestellt.

Die Verteilung der Gesteine in den Querprofilen der Beichlenserie.

Im beschriebenen Albach-Querschnitt wurden von 1200 m Gesamtmächtigkeit 350 m Nagelfluh gemessen, verteilt auf 32 Horizonte. Die Mergel überwiegen deutlich mit ca. 650 m. Im Hilfern-Querschnitt wurden 15 Nagelfluhbänke mit einer Mächtigkeit von 80 m gemessen, bei einer Gesamtmächtigkeit der Serie

von 1050 m. Im Steiglenbach dagegen bei einer Gesamtmächtigkeit von 950 m 5 Konglomeratbänke von insgesamt 30 m.

In den einzelnen Nagelfluhhorizonten macht sich parallel zur Abnahme der Mächtigkeit gegen SW eine Zunahme der kristallinen Gerölle bemerkbar. Eine allgemeine Zunahme derselben von den älteren zu den jüngeren Beichlennagelfluhen geht gleichfalls aus den Geröllauszählungen hervor.

Die Abnahme der Konglomeratbänke gegen SW stimmt überein mit der Tatsache, dass das Untersuchungsgebiet einen Ausschnitt des grossen stampischen Beichlenschuttfächers umfasst. Das Zentrum dieses Schuttfächers, welcher sich zwischen der Entlen und der Grossen Emme ausbreitet, liegt im Raume zwischen Farnern, Pt. 1523, und Beichlen, Pt. 1742, und wird durch die Waldemme angeschnitten. Die seitliche Verzahnung mit dem weiter SW gelegenen Honeggfächer wurde von H. H. HAUS (1937) beschrieben.

Marine Anzeichen fanden sich im beschriebenen Profil nirgends. Bezeichnenderweise führen bereits die tiefsten bunten Mergelschichten Heliciden. Glaukonit ist, wenn auch spärlich, in den meisten Dünnschliffen zu erkennen, doch stets zusammen mit sedimentären Komponenten, welche ebenfalls Glaukonit führen.

Eine zeitweilige Erosion, besonders in den mergeligen Schichten vor Überlagerung durch grobklastisches Material findet ihre Andeutung in den welligen Ausbuchtungen der Nagelfluhbänke gegen die liegenden Mergel. Eine detaillierte Beobachtung solcher Unregelmässigkeiten zwischen Mergel und Nagelfluh ist leider oft erschwert durch deutlich ausgeprägte Druckschieferung in den Mergeln. Dieses Clivage, welches zweifellos auf Differentialbewegung innerhalb der Schichtserie zurückzuführen ist, betrifft in besonders starkem Ausmass die Mergel im Liegenden mächtiger Sandstein- oder Nagelfluhhorizonte.

Fossilführung. Kohlige Pflanzenreste sind im limno-terrestrischen Stampien allgemein verbreitet. Etliche Stellen lieferten schlecht erhaltene Gastropodenreste. Die Schalen mit verhältnismässig deutlich erhaltenen Skulpturen sind stets zerdrückt und meist nur in Bruchstücken vorhanden. Grünliche Mergel im Liegenden der tiefsten Nagelfluh des Rothbaches, Kote 1190 (3 km WSW Pt. 1742 Beichlen), lieferten *Canariella* cf. *lapidicella* THO. 20 m höher wurden Reste von *Cepaea* cf. *rugulosa* ZIET. und deformierte Steinkerne von *Melania Escheri grossecostata* KLEIN festgestellt. Melanien fanden sich ebenfalls auf der S-Abdachung der Beichlen im Hilferntal und zwar im Vorder-Dorbach, Kote 1120, unweit der Stelle, welche bereits von E. KISSLING (1901) signalisiert wurde.

Alter. Die wichtigste Stütze für die Altersbestimmung der Beichlenserie bildet die seit 1851 bekannte Säugetierfundstelle von Bumbach (S.-A.-Blatt Schangnau Nr. 385^{bis}). Der 2,5 km SW ausserhalb des Untersuchungsgebietes gelegene Fundort wurde von H. H. HAUS (1937) revidiert und lieferte eine ansehnliche Zahl von Säugetierresten, darunter:

Anthracotherium bumbachense STEHLIN,
Prodremotherium elongatum FILHOL,
Aceratherium filholi OSBORN,
Rhinoceros sp.

Das Alter dieser Fauna wurde von H. G. STEHLIN (1902, S. 364) als unterstes Stampien bestimmt. Eine spätere Angabe des gleichen Autors 1922, S. 576, lautet dahin, dass es unsicher sei, ob die Fundschicht dem untersten Stampien angehöre.

Eine weiter SW an der Losenegg (S.-A.-Blatt Interlaken Nr. 391) gelegene Fundstelle wurde von H. G. STEHLIN (1922) als mittelstampisch datiert. Nach den Untersuchungen von H. H. HAUS (1937) gehört die Fundschicht ins Hangende der Fundstelle von Bumbach, welche somit älter ist und höchstens mittelstampisch, jedoch nicht jünger sein kann.

Die Fundstelle von Bumbach fällt nach den durchgeführten Untersuchungen ins Hangende unserer Beichlenserie. Daraus ergibt sich für diese ein unter- bis mittelstampisches Alter.

Diese Altersbezeichnung steht im Gegensatz zu den Angaben von H. FRÖHLICHER (1933). Eine von ihm an der Beichlen aufgesammelte Gastropodenfauna wurde von E. BAUMBERGER (1933) als Oberstampien (= Chattien) bestimmt. Ohne den Leitwert der Molluskenfauna in Zweifel ziehen zu wollen, ist man in unserem Falle doch geneigt, die Altersbezeichnung eher auf die Reste der rasch evolvierenden Säugetiere zu stützen.

Tabelle 1 gibt eine Zusammenstellung und Parallelisierung der unter verschiedenen Lokalbezeichnungen bekannten stampischen Sedimente der subalpinen Molasse.

Tektonik. Die Beichlenschuppe ist denkbar einfach gebaut. Sie besteht aus einer isoklinal mit 35–40° SE fallenden Schichtserie. Tektonische Komplikationen sind einzig aus nächster Nähe der Beichlen- und der Hilfernüberschiebung bekannt. Eine Anzahl Querbrüche wurde festgestellt (siehe z. B. NW-Ecke von Fig. 3). Die grösste Verstellung mit 90 m konnte gemessen werden im Buchenwald SW der Hilfernschlucht.

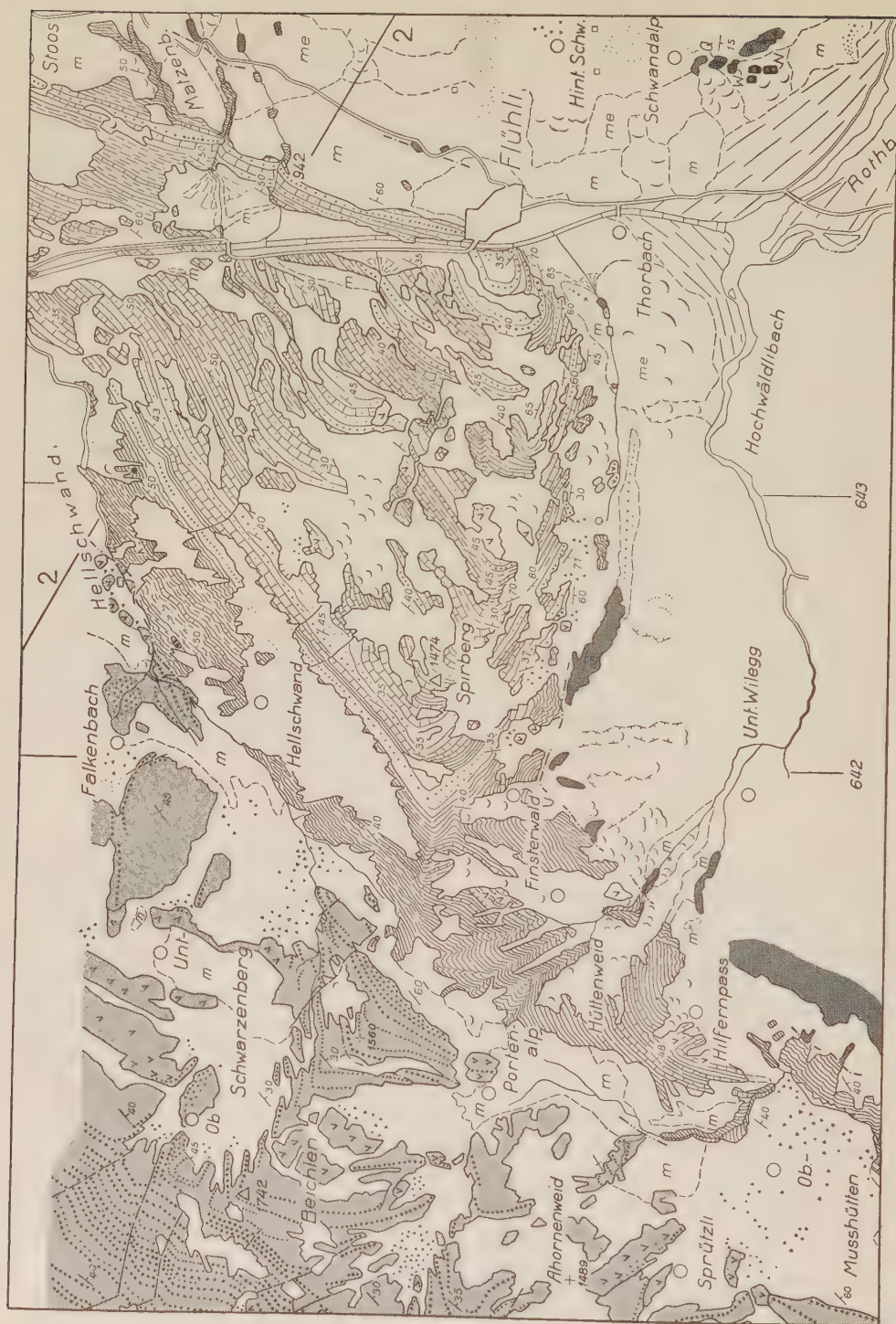
Die Hilfernschuppe

Die Grenzen der Hilfernschuppe, welche sich zwischen den subalpinen Flysch und die Beichlenschuppe einschiebt, werden im S durch die Alpenrandüberschiebung (= Flysch/Molasse-Grenze) und im N durch die Hilfernüberschiebung gebildet (vgl. Fig. 1).

Die Hilfernschuppe besteht aus einer normalstratigraphischen Schichtfolge von marin-brackischem Unterstampien, welche konkordant mit 40–60° gegen SE einfällt. Sie erreicht ihre grösste Mächtigkeit mit 1350 m am Spirberg bei Flühli, erscheint jedoch wenig weiter W reduziert auf 450 m. Nach einer geringen Mächtigkeitszunahme am Hürnli findet sie 2,5 km SW des Steiglenbaches, im grossen Bumbach ihr Ende. Die besonderen Umstände, unter welchen sie auskeilt, wurden ausführlich von H. H. HAUS (1937) beschrieben.

Das vollständigste und mächtigste Profil ist dasjenige des Spirberges. Sehr gut aufgeschlossen findet sich die Zone überdies im Steinibach (vgl. Fig. 4), im Bächli (einem Nebenbach der oberen Hilfern, vgl. Fig. 1) und im Steiglenbach (vgl. Fig. 1).

Das Spirbergprofil erlaubt folgende Unterteilung (vgl. Fig. 4, Profil 2, und Fig. 3):



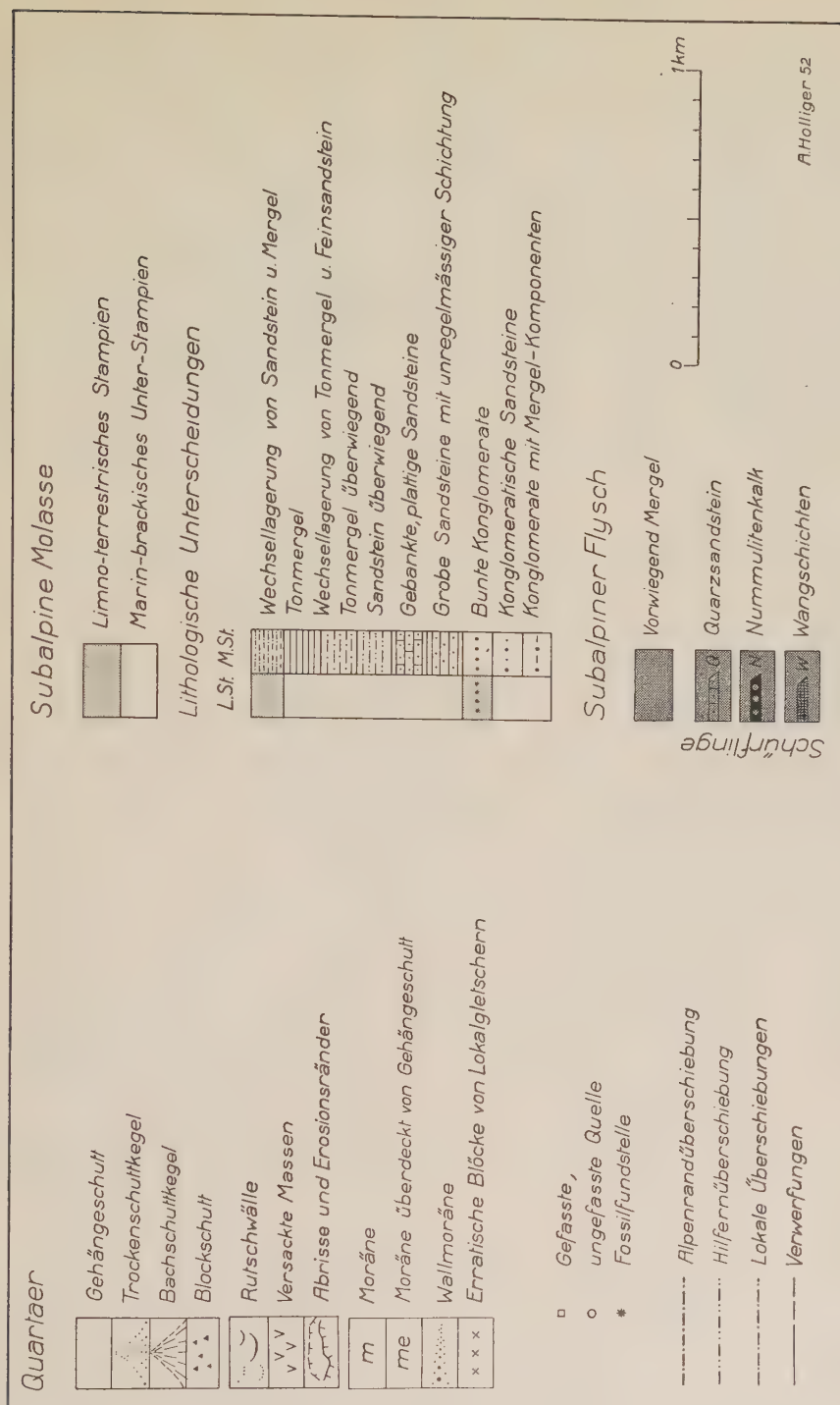


Fig. 3. Ausschnitt aus der geologischen Karte des Alpenrandes in der Gegend von Flühl (Luz.), Maßstab 1:25000.

1. 400 m vorwiegend Tonmergel mit Zwischenlagerungen von harten, plattigen Sandsteinen. Hinzu treten polygene, den Taveyannazsandsteinen ähnliche Gesteine mit „*Porphyrites arborescentes*“ als Komponenten. Die Tonmergel im höhern Teil der Serie führen schlecht erhaltene Fischreste. Diese Zone ist durch das ganze Untersuchungsgebiet zu verfolgen.
2. 850 m vorwiegend Sandsteine. Darunter Serien bis zu 100 m Mächtigkeit mit konglomeratischen Einschaltungen und undeutlicher, flacher Kreuzschichtung. Die zwischenlagernden Tonmergelzonen bedingen „Comben“ bei Ober-Spirberg. Den obern Abschluss dieser Serie bildet die Flühlinagelfluh. Die grobklastischen Ablagerungen des Spirberges gehen gegen NE über in feindetritische Sedimente. W von Flühli dagegen brechen sie, entlang der gegen W ausbiegenden Randüberschiebung, schroff ab. Konglomeratische Sandsteine, welche stratigraphisch den tiefsten Schichten dieser Zone entsprechen, treten erst wiederum 5 km SW an der Kühschwand-Farnern und am Hürnli zutage. Zwischen Spirberg und Farnern ist jedoch nur die basale Mergelzone der Hilfernschuppe vertreten.
3. 250 + x m beinahe reine Tonmergel mit verschwindend geringmächtigen Einlagerungen von Feinsandstein. Sie führen mitunter Fischschuppen im Matzenbach. Die Zone bricht ebenfalls bei Flühli ab.

Abgesehen von häufigen kohligen Pflanzenresten und den erwähnten polygenen Sandsteinen mit andesitischen Komponenten, besteht zwischen den feindetritischen Zonen der Hilfernschuppe und der Bleichenbasiszone in lithologischer Hinsicht kein Unterschied. Die Tonmergel-Sandsteinfoolgen der beiden Zonen zeigen weitgehende Übereinstimmung mit den Gesteinen von Horw, Bilten, Ralligen und Vaulruz. Grobklastische Ablagerungen von bemerkenswerter Mächtigkeit im marinen Unterstampien sind bis heute jedenfalls einzig aus der Hilfernschuppe, und hier speziell am Spirberg bekannt.

Die Mächtigkeit und Ausdehnung der unterstampischen Konglomerate sowie ihre quantitative Zusammensetzung sind starken Schwankungen unterworfen. Dichtgepackte Konglomerate, wie beispielsweise in der limno-terrestrischen Beichlenserie, bilden Ausnahmen. Viel häufiger sind lokal begrenzte Gerölleinlagerungen, bei denen das grobsandige Einbettungsmaterial überwiegt. Aufsetzen und Auskeilen zeigen besonders die Vorkommen am Spirberg. Grössere Mächtigkeit und horizontale Konstanz besitzt die Flühlinagelfluh, welche sich von der Kirche Flühli als morphologisch ausgeprägte Geländerippe bis Stoos Glashütten verfolgen lässt und auch weiter NE im Steinibach – wenn auch erheblich reduziert in ihrer Mächtigkeit – nachgewiesen ist. Zwischen Matzenbachgraben und Stoos bestehen allerdings auch in diesem Horizont Ablösungen durch konglomeratische Sandsteine.

Der harten Verkittung der Komponenten zufolge sind Geröllauszählungen nach der Methode von H. TANNER (1944) kaum durchführbar. Oberflächenauszahlungen ergaben einen Gehalt von 20–30% an kristallinen Geröllen. In bezug auf die Geröllgrösse sind die unterstampischen Konglomerate, insbesondere diejenigen des Spirbergabschnittes ungewöhnlich schlecht sortiert. Die meisten ihrer Herkunft nach bestimmaren Gerölle weisen auf eine Abkunft aus dem südhelve-

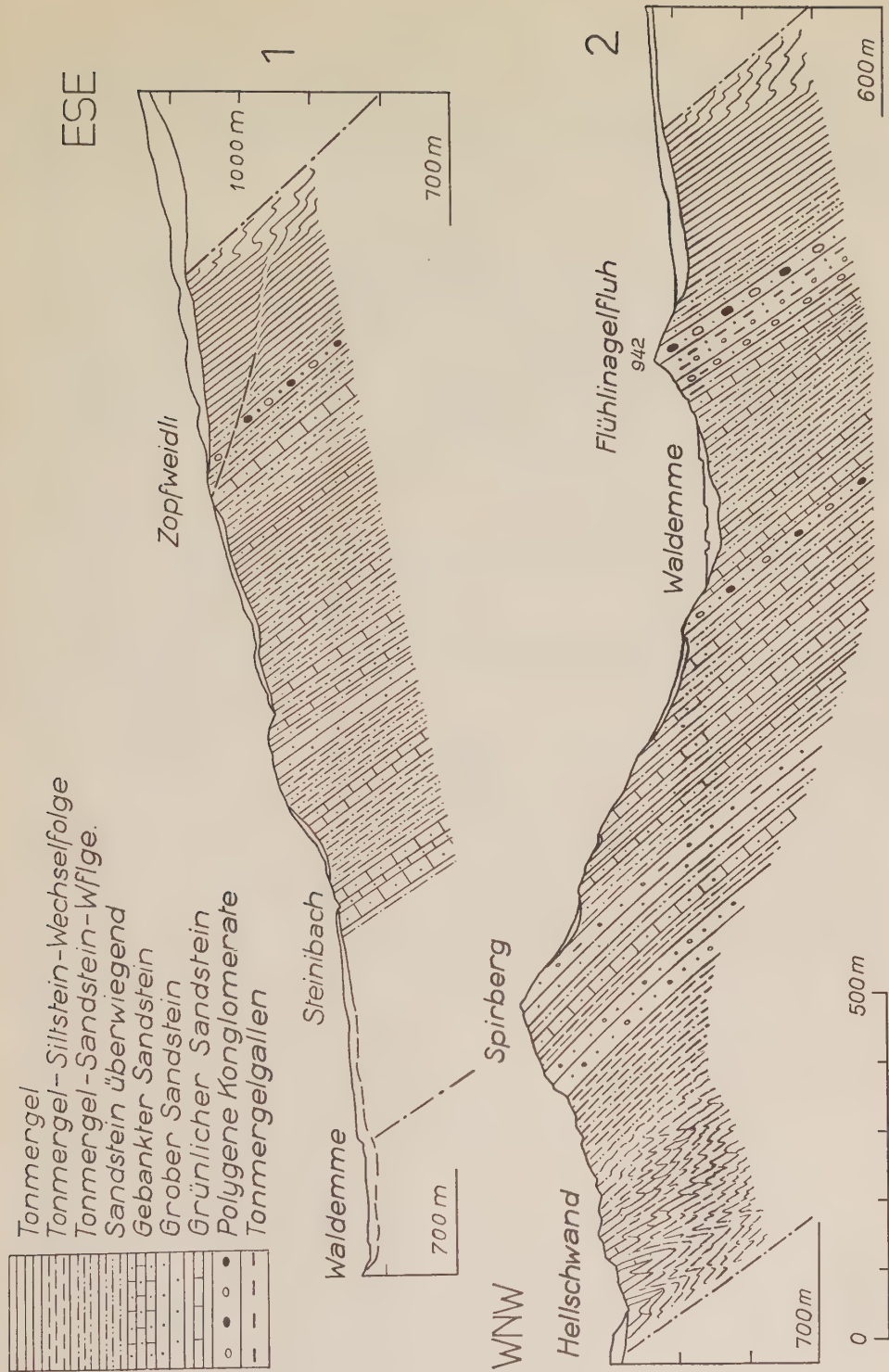


Fig. 4. Geologische Profile durch den Spirberg. Maßstab 1:10000. Profil Nr. 1 liegt 1,5 km NE von Profil 2 ausserhalb der Karte Fig. 3.

tischen Flysch. Im Unterschied dazu lassen die Beichlennagelfluhen vorwiegend Gesteine der Klippen- und Simmen-Decke erkennen. Aufgearbeitete Molasse findet sich in den groben Spirbergsandsteinen in Form von sehr verbreiteten, speckig glänzenden dunklen Tonmergelgallen. Grosse bis 50 cm messende Tonmergelgerölle können am rechten Emmeufer unterhalb Flühli und im Matzenbach beobachtet werden.

Fossilführung und Alter

Fischreste wurden im Hellschwand (N-Rand von Fig. 3) und im Bächli (300 m S der SW-Ecke von Fig. 3, siehe auch Fig. 1) gefunden. Fischschuppen, die jedoch spezifisch nicht bestimmbar sind (PAUCA, 1930), besitzen allgemeine Verbreitung in den Tonmergelzonen der Hilfernsérie. Ausser aufgearbeiteten Foraminiferen in den Sandsteinen sind in den feinsandigen Horizonten dickschalige Globigerinen, sowie seltene benthonische Kleinforaminiferen zu beobachten, welche jedoch eine nähere Bestimmung im Dünnschliff nicht gestatten.

Nach M. LERICHE (1927) und W. WEILER (1952) sind die Fischfunde von FRÖHLICHER (1933 und 1952) aus dem Steinibach bezeichnend für Unterstampien (= Rupélien). Eine direkte Verbindung der Beichlenbasis-, wie auch der Hilfernsérie mit der Typlokalität Horw, deren unterstampisches Alter als erwiesen gilt, darf als sicher angenommen werden. Dem Rupélien ist somit die vollständige Basisserie und die Hilfernsérie zum grössten Teil zuzurechnen. Dagegen muss auf die Möglichkeit hingewiesen werden, dass die tieferen Horizonte der Hilfernsérie noch Älteres umfassen könnten. Darauf deuten, ausser der Mächtigkeit, die polygenen Sandsteine, welche mit den Couches de Villarvolard (L. MORNOD, 1949) vergleichbar sind. Da jegliche altersbestimmende Fossilien in diesen Horizonten fehlen, muss die Altersfrage offengelassen werden.

Facies. Auf die lithologische Ähnlichkeit zwischen Flyschgesteinen und Horwerschichten wurde von verschiedenen Autoren hingewiesen (A. BERSIER, 1938). Die unterstampischen Serien sind allen Anzeichen nach Ablagerungen eines küstennahen Flachmeeres. Verbreitete Fischreste und Foraminiferen neben spärlichem Glaukonit entsprechen einem marinen Ablagerungsmilieu. Auf relativ geringe Meerestiefe deuten die zahlreichen Wellenfurchen, Kriech- oder Frassspuren und die Abdrücke von Trockenrissen. Anhäufungen kohlgiger Pflanzenreste bis zu eigentlichen Kohlenflötzen in der Hilfernsérie sind Merkmale einer küstennahen Ablagerung. Grobe kreuzgeschichtete Sandsteine mit Tonmergelgallen zeugen für ein zeitweilig stark bewegtes Gewässer.

Das Fehlen ausgesprochener Deltaschichtung, das sporadische Auftreten vereinzelter, auffallend grosser Gerölle im Sandstein und die merkbare Anreicherung ausgesprochen harter Gerölle, wie Quarz, Quarzite und Hornsteine in den grobklastischen Horizonten, sprechen gegen unmittelbaren Flusstransport. Für den Transport des Detritus sind submarine Strömungen in Betracht zu ziehen (vgl. R. RUTSCH, 1945). Sandgefüllte Rinnen in den Tonmergeln, wie sie mehrfach beobachtet wurden, wären sonst kaum zu erklären. Die ungewöhnlichen Anhäufungen von grobklastischen Sedimenten am Spirberg lassen auf Umlagerung aus einer nahegelegenen Deltaschüttung schliessen (H. SCHUPPLI, 1952, S. 10).

Stratigraphische Beziehungen zwischen Hilfern- und Beichlenschuppe

Aus den bisherigen Ausführungen war zu entnehmen, dass die Hilfern-, wie auch die Beichlenschuppe Ausschnitte aus einer stampischen Schichtfolge darstellen. Es stellt sich damit die Frage der stratigraphischen Einordnung der beiden Schuppen.

H. FRÖHLICHER (1933, S. 33) versuchte eine Parallelisierung der tiefsten Beichlennagelfluhen mit der Flühlinagelfluh. Dass diese Gleichsetzung nicht zutrifft, beweisen bereits die abweichenden Geröllbestände der beiden Ablagerungen. Ausserdem wird die Flühlinagelfluh durch eine 200 m mächtige Tonmergelserie in normaler Schichtfolge überlagert.

Aus lokalen Störungen im Steinibach und dessen Nebenrinne von Salzbühl schloss FRÖHLICHER auf eine Überschiebung der Tonmergelserie auf die Flühlinagelfluh. Die eigenen Untersuchungen ergaben, dass eine solche Überschiebung nicht existiert. Im Matzenbach (NE-Ecke von Fig. 3) ist der zyklische Übergang von den grobklastischen Ablagerungen zu den normal hangenden Tonmergeln sichtbar.

Die Flühlinagelfluh ist somit als normalstratigraphische, grobklastische Einschaltung der Hilfernserie zu betrachten, wie solche auch mehrfach in den tiefen Horizonten des Spirbergprofiles auftreten.

Die Hilfernschuppe besteht durchgehend aus einer marin-brackischen Schichtfolge. Die Beichlenschuppe hingegen aus einer kontinuierlichen Schichtfolge vom marin-brackischen Stampien der Basiszone zum jüngeren limnoterrestrischen Stampien.

Tektonik der Hilfernschuppe

Die Hilfernserie fällt im allgemeinen mit $45-65^\circ$ gegen SE, also durchschnittlich steiler ein als die Schichten der Beichlenserie. SCHÜBER glaubte auf Grund einer Zunahme der Einfallswinkel vom Liegenden zum Hangenden am Spirberg ein Konvergieren der Schichten wahrnehmen zu können, welches er als Zusammenpressung deutete. Nach den eigenen Beobachtungen beruht das flachere Einfallen der Schichten im Hellschwand lediglich auf einer Verbiegung der ganzen Serie. Ein Konvergieren der Schichten am Spirberg, welches auf Subsidenz während der Ablagerung zurückgeführt werden könnte, liess sich leider nicht bestätigen.

Die tektonischen Störungen in der Hilfernschuppe konzentrieren sich in erster Linie auf die Randpartien den Überschiebungen entlang, sowie auf den schmalen, vorwiegend aus Mergeln bestehenden Teil, der sich vom Spirberg gegen SW nach Kühschwand erstreckt. Stauung und Fältelung infolge Differentialbewegung betreffen vor allem die Mergelzonen.

Auf der Übersichtskarte (Fig. 1) tritt die Transversalverschiebung von Kragen (am S-Ende der Schwändelfluh) und die damit verbundene Verstellung der Randkette mit aller Deutlichkeit hervor. Die Schrattenfluh erscheint gegenüber der Schwändelfluh gegen W vorgeschoben. Die Alpenrandüberschiebung (= Flysch/Molasse-Grenze), scheinbar dem Verlauf der Randkette angepasst, biegt parallel zur vorspringenden Schrattenfluh ebenfalls gegen W aus. Die höhern Schichten der Spirbergserie erscheinen dadurch auf der Linie Flühli-Finsterwald (vgl.

Fig. 3) schief zu ihrer Streichrichtung abgeschnitten, was eine beträchtliche Versmälerung der Hilfernschuppe zur Folge hat. Überdies ist am Spirberg eine scharfe Drehung in der Streichrichtung festzustellen. Die Schichtköpfe der an der Randüberschiebung abbrechenden Serie sind synklinal umgebogen und bis zu steil überkippter Lagerung aufgestülpt (vgl. Fig. 3).

Diese Tatsachen finden sich erstmals festgehalten in der grundlegenden Arbeit von R. SCHIDER (1913). In der Folge war es vor allem das abrupte W-Ende der höheren Hilfernschichten am Spirberg, welches mehrmals zu Diskussionen Anlass bot.

R. SCHIDER führte die Mächtigkeitsreduktion der Hilfernschuppe, wie auch die synklinale Biegung der Spirbergschichten auf tektonische Ursachen zurück, indem er eine oberflächliche Abschürfung der subalpinen Molasse durch die vorspringende Schrattenfluh bzw. deren Flyschunterlage annahm.

Diese Annahme begegnet verschiedenen Einwänden. Obwohl eine tektonische Beeinflussung der subalpinen Molasse durch die Alpenrandüberschiebung nicht unbedingt zu bestreiten ist, erheben sich doch Bedenken gegenüber der Vorstellung einer Abschürfung und Deformation einer 800 m mächtigen, starren Gesteinsserie durch die vorwiegend plastischen Gesteine des subalpinen Flysches mit der überlagernden helvetischen Kreide. Ferner stellt sich die Frage nach dem Verbleib der abgeschürften Gesteinsmasse. Unseres Erachtens sollten wenigstens Schürflinge entlang der Randüberschiebung zu erwarten sein. Bedeutende Schürfpakete von Molassesandstein wurden jedoch keine ausfindig gemacht.

Eine derart gross angelegte Abschürfung im Sinne SCHIDERS wäre allenfalls noch denkbar entlang einer beträchtlichen Querstörung in der subalpinen Molasse (vgl. A. BUXTORF, J. KOPP und L. BENDEL, 1941), wobei die Verbiegungen der Sandsteine am Spirberg evtl. auf Ausgleichsbewegungen zurückzuführen wären. Eine merkbare Transversalverschiebung in der subalpinen Molasse ist jedoch im fraglichen Abschnitt nicht vorhanden. Die Kragenstörung greift nicht in die Molasseunterlage hinunter.

Aus den angeführten Gründen ist eine tektonische Ausschürfung der Nische von Finsterwald als wenig wahrscheinlich zu betrachten.

Eine andere Auffassung vertritt H. HAUS (1936). In Analogie zu ähnlichen Verhältnissen im Gebiet von Schangnau nahm er an, das Abbrechen der höheren Hilfernschichten am Spirberg sei auf alte Erosion zurückzuführen. Die Ausbuchtung der Randüberschiebung gegen Finsterwald ist nach ihm als Erosionsnische zu betrachten, und die Verstellung in der Randkette wäre verursacht durch ungleichen Schubwiderstand infolge des fehlenden Molassewiderlagers. Tatsächlich lassen sich auf Grund einer Reliefüberschiebung diese wie auch andere tektonische Erscheinungen am Alpenrand am zwanglosesten in Übereinstimmung bringen. Hingegen ist zu bemerken, dass H. H. HAUS in seiner tektonischen Skizze die Flysch/Molasse-Grenze um ca. 600 m zu weit N gezogen hat. Ebenso wird seine Darstellung den Verhältnissen am Spirberg nicht gerecht, indem der genannte Autor irrtümlicherweise die steilstehenden Sandsteine als tektonisch selbständiges Schürfpaket auffasste.

J. KOPP (1947) lehnt die Darstellung von H. H. HAUS ab und misst den synklinal gebogenen Schichten am Spirberg entscheidende Bedeutung zu. Nach ihm wäre die Hilfernschuppe bei Flühli als eine liegende, gegen SE unter den sub-

alpinen Flysch eintauchende Synklinale aufzufassen. Ihre Achse würde von NE gegen SW axial steil ansteigend W von Flühli in die Luft ausstreichen. Die basale Mergelzone der Hilfernserie würde demnach dem Nordschenkel, die Mergelzone des Matzenbaches dagegen dem verkehrt liegenden Südschenkel und die grobklastischen Horizonte dem Kern der Synklinale angehören.

Im ganzen Spirberg-Querprofil fehlen jedoch jegliche Anzeichen einer verkehrt gelagerten Serie, welche diese Annahme bestätigen könnten.

Die Untersuchungen ergaben, in Übereinstimmung mit R. SCHIDER (1913), eine Synklinale, deren Axe annähernd E-W, also schief zum Schichtstreichen und zum Verlauf der Hilfernschuppe orientiert ist.

Im Gegensatz zur Ansicht von J. KOPP können wir der Spirbergsynklinale nur lokale Bedeutung zumessen. Damit stellt sich jedoch das Problem der bewegungsmechanischen Deutung erneut. Obschon die Verhältnisse eine sichere Aussage nicht gestatten, sollen einige Hinweise zur möglichen Lösung des bestehenden Problems dargelegt werden.

Der Lage nach ist die Spirbergsynklinale nicht unbedingt auf einen Schub durch die helvetische Randkette zurückzuführen. Die Synkinalaxe am Spirberg verläuft annähernd in E-W-Richtung, d. h. parallel zur Kragenstörung. Die Transversalverschiebung von Kragen entspricht zweifellos einer relativen Deckenbewegung in Richtung E-W. Die Faltung am Spirberg dagegen müsste, ihrer Axenrichtung nach, einer von S nach N gerichteten Bewegungskomponente entsprechen. Dies dürfte ein Hinweis sein, dass die beiden Erscheinungen, Kragenstörung und Spirbergsynklinale nicht auf dieselbe Dislokationsphase zurückzuführen und somit nicht gleichen Alters sind. Die Spirbergsynklinale könnte demnach sehr wohl eine ältere Phase repräsentieren, deren Ablauf bereits vor oder in einem Frühstadium der Molassedislokation erfolgt sein müsste.

Eine weitere Deutungsmöglichkeit ergibt sich aus den folgenden Beobachtungen: Die Spirbergserie ist gekennzeichnet durch ihre auffallend grosse Mächtigkeit (1300 m), verbunden mit einer im marin-brackischen Stampien ganz ungewöhnlichen Anhäufung grobklastischer Ablagerungen. Der seitliche Übergang in feindetritische Ablagerungen im NE des Spirberges ist im Steinibach leicht festzustellen. Der gegen SW zu erwartende Übergang ist infolge Abbrechens der betreffenden Horizonte unserer Beobachtung entzogen. Hingegen lässt sich die SW-Fortsetzung der basalen Mergelserie unschwer verfolgen. Die groben Sandsteine und Konglomerate des Spirberges ergeben den Eindruck einer begrenzten, starren Masse innerhalb der vorwiegend plastischen, tonig-mergeligen Sedimente der Hilfernserie. In den Tonmergeln sind Fältelung und Druckschieferung im Liegenden der Sandsteinhorizonte als Kennzeichen von Differentialbewegung festzustellen.

Aus diesen Beobachtungen liesse sich möglicherweise eine Drehung der Spirbergmasse infolge Differentialbewegung ableiten. Davon ausgehend wäre die Umbiegung am Spirberg eventuell als Ausgleichsbewegung im Zusammenhang mit einer Drehung der Spirbergmasse zu deuten.

Literaturverzeichnis

- BAUMBERGER, E. (1931): *Zur Tektonik und Altersbestimmung der Molasse am schweizerischen Alpennordrand*. Eclogae geol. Helv. 24.
- BERSIER, ARN. (1938): *Caractère et signification de la sédimentation dans l'avant-fosse alpine (phase externe)*. C. R. Séances Ac. Sci. 206.
- BUXTORF, A., KOPP, J., & BENDEL, L. (1941): *Stratigraphie und Tektonik der überschobenen subalpinen Molasse zwischen Horw und Eigental bei Luzern*. Eclogae geol. Helv. 34.
- FRÖHLICHER, H. (1933): *Geologische Beschreibung der Gegend von Escholz matt im Entlebuch*. Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.], 67.
- FRÖHLICHER, H., & WEILER, W. (1952): *Die Fischfauna der unterstampischen Molasse des Entlebuch, Kt. Luzern, und ihre paläogeographische Bedeutung*. Eclogae geol. Helv. 45.
- GIGON, W. (1952): *Geologie des Habkernales und des Quellgebietes der grossen Emme*. Verh. naturf. Ges. Basel 63.
- HALDEMANN, E. G. (1948): *Geologie des Schallenberg-Hoegg-Gebietes (Oberes Emmental)*. (Diss. Bern.)
- HAUS, H. H. (1935): *Über alte Erosionserscheinungen am Südrand der miozänen Nagelfluk des oberen Emmentales und deren Bedeutung für die Tektonik des Alpenrandes*. Eclogae geol. Helv. 28.
- (1936): *Beziehungen zwischen Molasse und Alpenrand im Abschnitt Entlebuch–Thunersee*. Eclogae geol. Helv. 29.
- (1937): *Geologie der Gegend von Schangnau im oberen Emmental (Kt. Bern), ein Beitrag zur Stratigraphie und Tektonik der subalpinen Molasse und des Alpenrandes*. Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.], 75.
- HEIM, ALB. (1919): *Geologie der Schweiz*, 1.
- KISSLING, E. (1902): *Neue Fundstelle fossiler Pflanzen aus der Molasse der Bächlen (Entlebuch)*. Mitt. naturf. Ges. Bern.
- KOPP, J. (1947): *Die Tektonik des Spirberges bei Flühli (Entlebuch)*. Eclogae geol. Helv. 40.
- LERICHE, M. (1927): *Les Poissons de la Molasse suisse*. Mém. de la Soc. pal. suisse, 46, 1^{er} fasc., Genève.
- MORNOD, L. (1949): *Géologie de la région de Bulle (Basse-Gruyère). Molasse et bord alpin*. Beitr. geol. Karte Schweiz, [N.F.], 91.
- PAUCA, M. (1930): *Revision der fossilen Lepidopus- und Capros-Arten*. Acad. Roum. Bull. sc., Bukarest.
- RUTSCH, R. (1945): *Neue Auffassung über die Entstehung der Molasse-Sedimente*. Eclogae geol. Helv. 38.
- SCHAUB, H. (1951): *Stratigraphie und Paläontologie des Schlierenflysches*. Abh. Schweiz. pal. Ges. 68.
- SCHIDER, R. (1913): *Geologie der Schrattenfluk im Kanton Luzern*. Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.], 43.
- SCHUPPLI, H. M. (1952): *Erdölgeologische Untersuchungen in der Schweiz. IV. Teil*. Beitr. Geol. Schweiz. Geotechn. Serie 26.
- STEHLIN, H. G. (1902): *Über die Grenze zwischen Oligozän und Miozän in der Schweizer Molasse*. Eclogae geol. Helv. 7.
- (1922): *Säugetierpaläontologische Bemerkungen zur Gliederung der oligozänen Molasse*. Eclogae geol. Helv. 16.
- VONDERSCHMITT, L., & SCHAUB, H. (1943): *Neuere Untersuchungen im Schlierenflysch*. Eclogae geol. Helv. 36.

Curriculum vitae

Am 29. Februar 1920 wurde ich, *Arnold Rudolf Holliger*, als Sohn des Arnold Holliger von Boniswil (Aargau) und der Marie, geb. Horisberger, in Trimbach (Solothurn) geboren. Ich besuchte die Primarschulen von Trimbach und die Bezirksschule in Olten. Nach Vorbereitung an der Privatschule Minerva in Basel bestand ich die Maturitätsprüfung im Frühjahr 1940. Im Sommer des gleichen Jahres wurde ich an der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Basel immatrikuliert, musste jedoch meine Studien wegen Aktivdienst mehrmals für längere Zeit unterbrechen.

Vorlesungen und Übungen habe ich besucht bei den Herren Professoren Bearth, Buxtorf, Erlenmeyer, Hagenbach, Huber, Mohler, Portmann, Reichel, Reinhard, Ruggli †, Speiser, Vonderschmitt, Wehrli †, Wenk und bei den Herren Drs. Grütter und Nabholz.

Die vorliegende Arbeit entstand in den Jahren 1947–1953 unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. L. Vonderschmitt am Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Basel.

